

## 塩水かんがいがトマトの品質に及ぼす影響

世戸 直明・田中 明

佐賀大学海浜台地生物生産研究センター

### The Influence of Saline Irrigation on the Quality of Tomatoes.

Naoaki SETO and Akira TANAKA

Marine and Highland Bioscience Center, 152-1 Shounan, Karatsu, Saga 847-0021, Japan

#### 要 約

水分ストレスのもとでは、トマトの糖度が上昇することはよく知られている。本研究では、塩化ナトリウム溶液を灌漑することによって、水分ストレスを発生させた。用いた濃度は400, 800, 1200, 1600 ppmである。1600ppm区では、トマトはしおれて枯死した。

高い濃度ほど糖度は高くなったが、トマトの重量は減少した。また濃度の増加とともに、葉の水ポテンシャルは減少し、浸透ポテンシャルは増加した。

果実中の Na と Cl イオン濃度は塩水かんがいのもとで増加した。

#### Summary

It is well known that the Brix values of tomatoes increase under water-stressed conditions. In this study, the water stressed condition is caused by irrigation of NaCl solution. Concentration of 400, 800, 1200 and 1600 ppm were used. At the blocks of 1600ppm, tomatoes withered.

As the concentrations increased, the Brix values became higher, but the weight of the tomatoes decreased. The water potential of the leaves decreased and the osmotic potential increased as the concentration increased. The concentration of Na and Cl ions in the tomatoes increased under the saline irrigation.

#### 1. はじめに

近年、市場において野菜の高級化・高付加価値化が叫ばれ、店頭では有機栽培・無農薬栽培といった表示を目にすることが多くなった。また、野菜に限らずとも様々な食品においてブランド化が進み、商品の価格に対し大きな差を生むようになった。トマトにおいても、品質評価の傾向が強まっており、特に高品質・高糖度とされる「果物トマト」は単価も従来のトマトに比べ3倍の高値で市場に出回っている。さらにこれらのトマトでは、果実が小玉化することから省力、軽作業化が見込まれ、生産農家の高齢化に向け期待視されている。

現在の高糖度トマトの生産は大部分が、低水分管理での水分ストレス付与による栽培であり、これについての研究も多い。また、近年では塩水かんがいの研究も進み、実際の現場でも養液栽培と

して行われるようになった。しかし、土壌栽培での栽培は一部海岸地域を除いては行われておらず、研究もまだそれほど行われていない。

そこで本研究では、低濃度の塩水かんがいにより継続的に水分ストレスを付与する生産システムでの高糖度トマト栽培の可能性について取り組むこととした。また、かんがい水の NaCl 濃度が果実内の NaCl 濃度、及びミネラル成分に与える影響について調べた。

#### 2. 従来の研究

##### 2-1 水分ストレスによる高糖度化

水分ストレスと高糖度の関係については、まだ完全に明らかにされていないが、これまでの研究により、次の過程から果実糖度の上昇が引き起こされると考えられている(村松, 1992)。

一般に水分ストレスによって根が刺激を受けることによって蒸散流を抑制するため葉緑体からアブシジン酸が放出され、気孔を閉じ光合成、呼吸の低下を促す。トマトでは、葉の水ポテンシャルが $-10\text{bar}$ より低下するあたりから、光合成・蒸散速度が減少するとされている。このため、細胞浸透圧の上昇で細胞機能が低下し、クロロフィルの減少、ミトコンドリアの破壊のためタンパク質合成が抑制される。このため甘味のアミノ酸であるプロリンが集積する。同時にミトコンドリアの構造破壊でグルコースやフラクトースが代謝されないまま、細胞に糖として蓄積される。また植物体内の水分低下は浸透圧を高めるため、でんぷんが分解され糖が増加する。

一方、茎葉がしおれをおこし、この経過時間が長期になると果実水分は茎葉に逆流し、果汁の濃縮現象がみられる。これについては、土壤水分吸引圧が $\text{pF}2.8$ を越えると「茎ポテンシャル>果実ポテンシャル>葉ポテンシャル」の状態から「果実ポテンシャル>茎ポテンシャル>葉ポテンシャル」の状態に変化し、果実の収縮が始まるといった報告がある（松崎ら、1994）。

## 2-2 水分ストレス付与の仕方

水分ストレス付与の仕方には大きく、低水分管理による水分ストレス付与と塩類濃度による水分ストレス付与の次の2つがある。

### 1) 低水分管理による水分ストレス付与

現在高糖度トマトの栽培で最も盛んに行われている方法であり、この方法による水分ストレスと果実品質に関する研究は多い（荒木、1994；福元ら、1992；伊藤・河合、1994；鴨田、1993；木村、1993；元木ら、1994；大石、1995 f；大竹ら、1994；上野・山室、1993；馬西ら、1994）。

しかし、かんがいを制限した低水分管理では継続して水分ストレスを付与することは難しく、栽培者の篤農技術によるところが大きい。特に地下水位の高い地域で低水分管理栽培を行うには隔離ベットや防根シート等を埋設する必要がある。この場合、埋設に必要とする労働力を求められるだけでなく、コスト面からみても負担を強いられる。

### 2) 塩水かんがいによる水分ストレス付与

年間を通して多雨な気候である日本では土壤が塩害を受けることはほとんどない。栽培現場にお

いても海岸に近く塩水化の影響を受ける一部の地域を除いては、かんがい水に塩分が含まれることはない。そのため我が国では、塩水かんがいによる水分ストレス付与の研究はそれほど多くない。しかし、世界の多くの地域では塩水がかんがい水として使用されることは希有なことではない。従って、塩ストレスが作物に与える影響については古くから調べられている。その後、トマト果実の品質向上に及ぼす影響についての研究が行われるようになった（Gomez et al, 1992; Nukaya et al 1997）。近年の研究では、塩分による収量低下と糖度上昇の関係についての内容が多くみられる（Gomez et al, 1992; Mitchell et al, 1991; Mizrahi, 1985; Mizrahi, 1991; Torrecillas et al, 1995）。

我が国では、塩水かんがいは別に、給液中の塩類により水分ストレスを与える養液栽培が多くみられるようになってきた。この大きな特徴は、工場的な野菜生産を行うことである。装置化・機械化によって、重労働を免れ、省力化ができることから、多くの研究がされている（石上、1993；石上ら、1993；小林、1993；糟谷、1992；大石、1995 a, 1995 b, 1995 c, 1995 d, 1995 e, 1995 g, 田島、1995；宇田川、1993）。

この養液栽培の欠点をあげると次の通りである。

- (1) 初期資本投下が大きい。
- (2) 培養液の管理等に相当程度の経験と修練を要する。
- (3) 培養液に病原菌が入ると、一度に壊滅的な被害が出る可能性がある。

我が国の土壤栽培における塩水処理については、乾燥条件下におけるトマト栽培で、塩ストレスをかけたものは塩ストレスのないものに比較して糖度が高くなったとの報告がある（白石・竹内、1995）。

## 2-3 収量の低下と高糖度化

水分ストレスによりトマト果実の糖度は上昇するが、果実の小玉化により収量が低下することが知られており、これまでに以下の2つの対策について研究されている。

### 1) 栽植密度

水分ストレスの付与による6段階摘心の高糖度トマトの栽培において、収量の減少程度を軽減することを目的に栽植密度について検討した研究（番

ら, 1994) では, 高い水分ストレス条件下で栽植密度を3.3m<sup>2</sup>当たり 8 株から10及び12株に増やすと, 単位面積当たりの収量は増えるが, 低段での糖度が減少するかまたは小果の割合が増える結果となり, 栽植密度を 8 株より増やすことによって糖度を高く維持しながら総良果収量を増加させるのは困難と考えられる。

## 2) 水分ストレス付与の時期

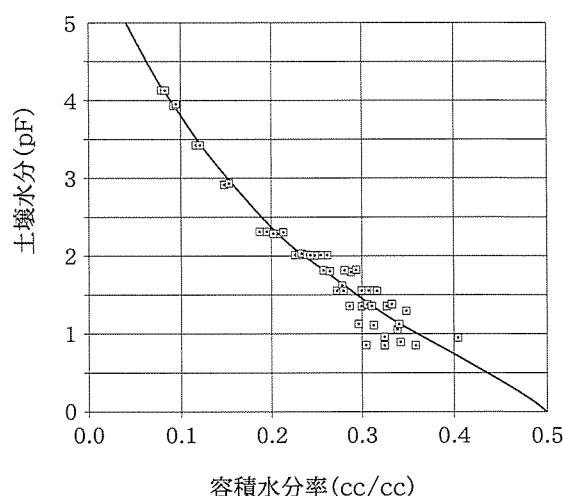
水分ストレス付与の時期による収量低下の軽減についての研究は多い。

遮根シート (ポリエステルシート) を用いた栽培方法の検討を行い, かんすい管理と収量・品質の関係について検討した研究では, 第 3 花房開花期から摘心期までの水分管理が同程度なら, その他の時期の水管理に関わらず秀品平均果重の差は僅かで, この時期のかんすい量が果実の大きさに最も影響するものと考えた。また, 第 3 花房開花期以降の強度の水分ストレスは, 著しく秀品平均果重を減少させるため, その必要性はないと報告されている (松崎ら, 1994)。また, 6 段階摘心の高糖度トマトの栽培において, 摘心までは水分ストレスを低く保って茎葉を繁茂させ, 摘心後に高い水分ストレスを与えた研究では, 栽培全期間にわたって高い水分ストレスを与える場合に比べて屈折計示度 (糖度) 10 度以上の果実収量が増し, 1 果重量も重くなる。栽培終了時の単位葉面積当たりの乾物生産量は, 水分ストレスの高低や時期に関わらずみかけの上で大きな差が認められないことから, 水分ストレスによる収量の減少程度を軽減するには葉面積の確保が重要であるとの報告もある (番ら, 1994)。

塩水かんがいでは, 果実の形成後及び生育の主な段階を終えた時点で, 電気伝導度 3 dS/m にあたる濃度の塩水かんがいを行った結果, 収量をそれほど低下することなく, 果実品質を向上させることができたとの報告がある (Mizrahi et al, 1991)。

## 3. 材料及び方法

1997 年 7 月 2 日の定植から第 4 段階果実が完熟した 11 月 30 日までの期間, 海浜台地生物生産研究センター圃場のビニールハウス内において, かんがい制限及び濃度を変えた塩水かんがいがトマト果実の品質に及ぼす影響, また果実内のイオン濃



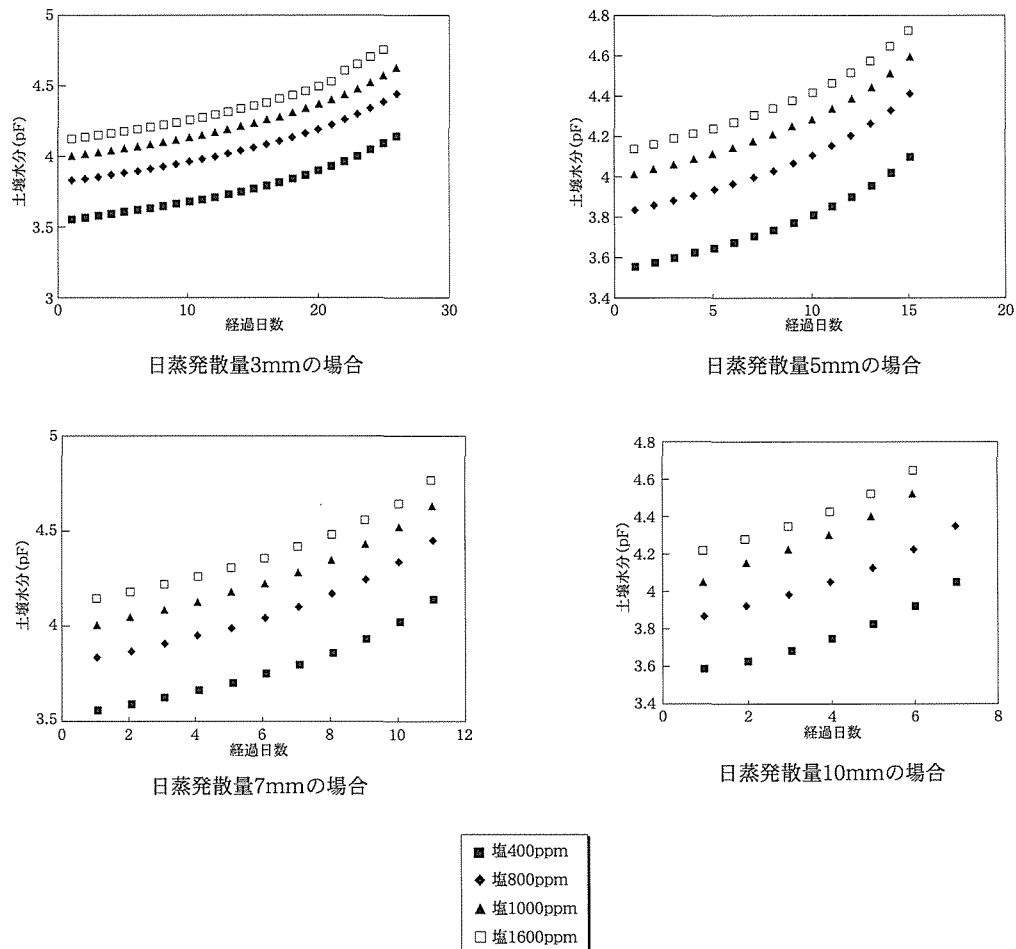
図一 水分特性曲線

度の関係について調査した。供試品種はハウス桃太郎 (サカタ) を用いた。6 月 25 日に苗木を購入した後, 1 日 1 回充分なかんがいをし生育させ, 各苗木の第 1 花房が開花したのを確認し, 7 月 2 日に 1 ポットに対し 1 本の苗木を定植した。ポットは 1/2000 ワグネルポット (藤本科学工業) を使用し, 玉砂利 (仲須砕石工業株式会社「鳴門玉砂利 10m/m」) を 4 cm の高さに敷き詰めた上にまさ土を均等な密度 (1.41 g/cm<sup>3</sup>) になるように詰めた。土層の厚さは 21 cm とした。まさ土は, 実験圃場のまさ土を風乾し, 網目幅 5 mm のふるい機にかけてふるったものを使用した。図一はまさ土の水分特性曲線である。

試験区の構成は, かんがい水の塩分濃度をそれぞれ 400 ppm, 800 ppm, 1200 ppm, 1600 ppm に設定した「塩水かんがい区」, かんがい時の土壌水分の設定を約 pF 3.0 とする「かんがい制限区」, 充分なかんがいをを行った「対照区」の合計 6 区を設けた。「塩水かんがい区」については, それぞれ pF 値が約 3.5, 3.8, 4.0, 4.1 に相当する NaCl 濃度すなわち, 400 ppm, 800 ppm, 1200 ppm, 1600 ppm とした。「塩水かんがい区」及び, 「かんがい制限区」の水分ストレス付与は共に定植から約 3 カ月後の第 4 花房開花時 (10 月 4 日) より開始した。

10 月 4 日までのかんがいについては, 茎葉が繁茂し, 果実の肥大を促進するのに充分なかんがい量として, ポット排水口からの排水が確認できるまでの量を天候により 3～5 日の間隔で行った。

「対照区」では, 10 月 4 日以降も引き続きそれまでのかんがい方法でかんがいをを行った。



図一 2 日蒸発散量と土壌水分の関係

「かんがい制限区」については、土壌深さ15cmでpF3.0をかんがい制限開始値とした。その後、ハウス内に小型蒸発計を設置し、積算蒸発量が10mmを越えた時点で10mmのかんがいを行った。

「塩水かんがい区」の間断日数については、土壌水分変化をシュミレートした結果(図一2)より、日蒸発散量を3mmと仮定したとき1600ppm区モデルの土壌水分がpF4.2(永久しおれ点: PWP)に達する日数を参考にして、間断日数を7日とした。塩水かんがい水量は蒸発量に関係なく随時2000cc行った。

水分ストレス開始後の深さ5cmの土壌水分の変化については、「対照区」、及び「かんがい制限区」では直接採土法で、「塩水かんがい区」ではサイクロメータ法を用いて測定した。深さ15cmについては、「かんがい制限区」のみ自記テンションメータを用いて測定した。

基肥は有機配合肥料を用い、1ポット当りの分量は窒素(N)-0.25g、リン酸( $P_2O_5$ )-0.25

g、カリ( $K_2O$ )-0.25gを全層施用した。また追肥として、生育初期の段階では、2週間に一度1ポット当たり(N)-0.5g、( $P_2O_5$ )-0.25g、( $K_2O$ )-0.25gを表層に置き肥した。第3花房開花以降は、1カ月に1度基肥と同量を表層に置き肥した。

整枝は、主枝1本仕立てとし、摘芯は行わなかった。

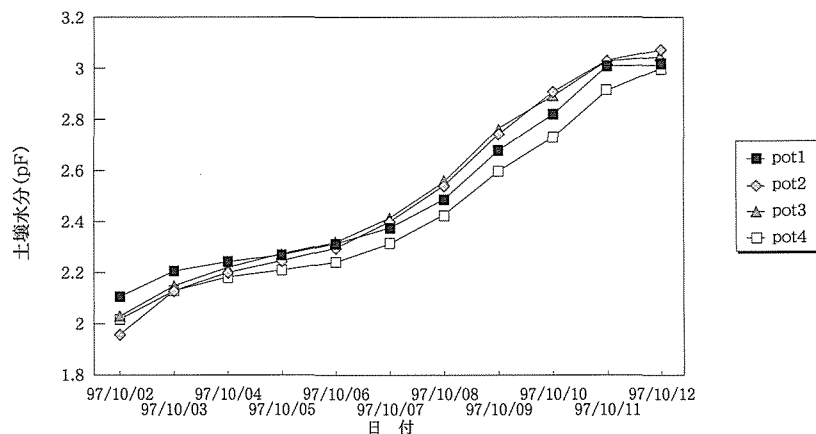
着果時期を合わせるために、全区の第3花房が開花した時点で植物成長調整剤(石原トマトーン)を100倍希釈したものを散布し、着果を促した。

温度管理は側壁ビニールの開閉によって調節を行い、10°Cから30°Cとした。

果実の収穫は11月30日に各区の3段目から6段目にかけて実ったものを全て収穫した。

果実品質は、花房別に抽出した全果実を用い、直径、重量、Brix糖度及びビオン分析を行った。

Brix糖度は、縦半分で切断した果実を手で軽く



図－3 かんがい制限区ポットの土壌水分の変化

表－1 各実験区のかんがい基準及びポテンシャル測定値

実験区	かんがい水の塩濃度	かんがい基準	水ポテンシャル測定値
対象区	0ppm	積算蒸発量10mmに達したとき排水するまで充分にかんがいする	pF1.9～2.2
かんがい制限区	0ppm	積算蒸発量10mmに達したとき10mmかんがいする	pF3.0～3.5
400ppm区	400ppm	7日間ごとにかんがいする	pF3.5～3.9
800ppm区	800ppm		pF3.7～3.9
1200ppm区	1200ppm		pF3.8～3.9
1600ppm区	1600ppm		pF3.9～4.2

握り搾汁し、ゲル質部分を除く果汁のみを注射器で取り出し、デジタル糖度計(アタゴ社, PR-101)で測定した。

果実内イオン濃度は、搾汁した果実汁を20倍希釈したものを、イオンクロマトグラフィーにて測定した。

#### 4. 結果及び考察

##### 1) かんがい

10月2日からのかんがい制限区での土壌水分の推移を示す(図－3)。テンションメータの性能上、正確に測定することが可能な範囲がpF2.0からpF2.8付近とされているため、pF値が3.0を越したと予想される10月11日よりかんがい制限を行い、その後は、蒸発計のデータをもとにかんがいをを行った。間断日数は5日から7日であった。この間の土壌水分の変化は、テンションメータでは測定不可能であったが、採土秤量法と水収支計算により求めた結果、pF3.0からpF3.5の範囲で推移したと思われる。

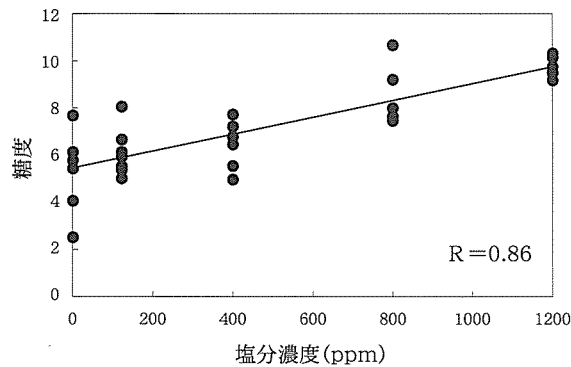
「対照区」、及び「塩水かんがい区」の土壌水分をテンションメータ(深さ15cm)で測定した値を示す(表－1)。塩水かんがい区は栽培期間に3回の採土(深さ5cm)を行い水ポテンシャルを測定した。

それぞれの塩水かんがい区では、実験前に予測した通りの範囲内に入っていることがわかる。1600ppm区では、土壌水分がpF3.9から4.2の強度の水分ストレスを継続して与えたために、最終的には処理区全ての供試体が枯死した。

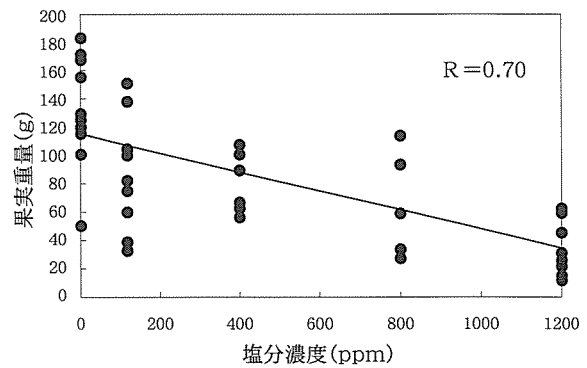
##### 2) 果実品質

###### 2-1 障害果

トマトでは、開花から果実肥大過程においてストレスが生じると果実にさまざまな障害が起こる。体内水分の変動が激しい高糖度トマト栽培において特に問題となるのが尻腐れ果である。尻腐れ果の直接的な原因はカルシウム欠乏であるが、果実の肥大ステージ(直径3cm前後で多発)や環境条件(高温、多湿で多発)によっても発生程度が変化する。品種では「桃太郎、サンロード」での発



図一 4 かんがい水の塩分濃度と糖度の関係



図一 5 果実重量とかんがい水の塩分濃度の関係

生が多いとされている(大石, 1994)。また, 裂果については, 狭い変動幅で土壌水分を管理することによって発生を少なく抑えることができると報告されている(松崎ら, 1994)。また, NaCl の添加は根での  $\text{Ca}^{2+}$  の吸収が抑制され, さらに導管での果実への移動も少なくなり, トマトでは尻腐れ果の発生を引き起こす可能性があるとの報告がある(米山・建部, 1994)。

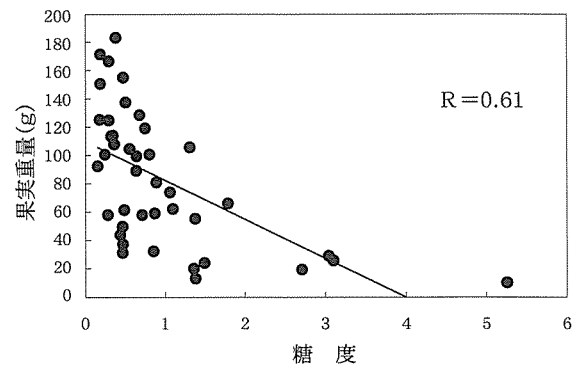
本実験においても, 尻腐れ果, 窓あき果, チャック果, 裂果の発生が確認された。特に尻腐れ果については, 供試品種が「桃太郎」であったこと, 栽培期間中に高温期間を含んでいたことから発生が多くみられたと考えられる。

NaCl によるカルシウム吸収が抑制されることについては, イオンストレス付与を  $\text{CaCl}_2$  や  $\text{MgSO}_4$  で行うことが考えられる。しかし,  $\text{CaCl}_2$  培養液による養液栽培を行った実験で, 高温期の作期では尻腐れ果により収量が半分程度に減少したとの報告がある(大石, 1996)。このことより, 尻腐れ果を抑えるには, 高温期の栽培を避けることが最も重要であると考えられる。

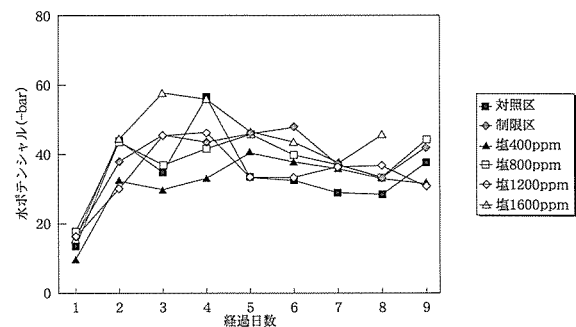
なお今回の果実品質の実験データには, これらの障害果を加えず, 正常果のみについて測定した。

## 2-2 糖度

かんがい制限及び塩水かんがいは糖度に影響を及ぼした。糖度を測定した結果を示すと(図一 4), 対照区, かんがい制限区, 400ppm 区, 1600 ppm 区, 800ppm 区, 1200ppm 区の順に高くなった。t 検定の結果では, 対照区とかんがい制限区, 対照区と400ppm 区, かんがい制限区と400ppm 区, 400ppm 区と800ppm 区を除いては有意差がみられた。高糖度トマトの目安とされる糖度10以上のトマトについては, 800ppm, 1200ppm 区にお



図一 6 果実重量と糖度の関係



図一 7 葉の水ポテンシャルの変化

いて見られた。1600ppm 区では着果数が少なく, 生育した果実がほとんどなかった。最も高い糖度(糖度11.1)は800ppm 区の5 段目果実でみられた。

段数別にみるとほとんどの区において, 段数の低いところに比べ高い段数での糖度の上昇がみられた。1200ppm 区の6 段目果実においては平均の糖度が10を越した。これについては, 果実に転流・蓄積する同化養分が相対的に増加したためと考えられる。

## 3) 収量及び乾物重

### 3-1 収量

果実重量と塩分濃度の関係について示す（図一5）。対照区、塩水かんがい区、400ppm区、800ppm区、1200ppm区、1600ppm区の順に小さくなった。また、重量と糖度の関係（図一6）ではサンプル数が少ないために相関は高くないものの糖度の上昇に対して、果実重量の減少がみられた。

水分ストレスを与えると必ず糖度は上昇するが、それに付随して収量が低下することはすでに知られている。糖度と収量の関係については、相関係数0.97で糖度が1度動けば株当たり0.8キロ減少したとの報告がある（村松，1992）。

#### 4) 植物体内の水ポテンシャル

##### 4-1 水ポテンシャル

葉の水ポテンシャルの値を示す（図一7）。葉の水ポテンシャルのデータを各区ごとに平均をとると、対照区でのポテンシャルが最も高く、以下かんがい制限区、400ppm区、1200ppm区、800ppm区、1600ppm区の順に低くなった。最も高い対照区と最も低い1600ppm区のポテンシャル差は、-10barにまで達した。800ppmと1200ppmのポテンシャル差はあまりみられなかった。

土壌の水ポテンシャルの値を全区を通してみると-0.3barから-15.9barの間で推移しており、葉の水ポテンシャルは土壌の水ポテンシャルに比

べかなり低かった。これについては土壌水分が日中で-15bar（土壌の永久しおれ点）を越したためと思われる。

##### 4-2 浸透ポテンシャル（浸透圧）

浸透ポテンシャル（図一8）は対照区が最も高く、以下かんがい制限区、400ppm区、800ppm区、1200ppm区、1600ppm区の順に低くなった。最終的に枯死した1600ppm区と対照区では最大で13bar近くの差がでた。

かんがい水中の塩分濃度が高くなると浸透圧は低くなる。1600ppm区では浸透圧の大きな変化の結果枯死しており、浸透圧を調整する能力を越え、成長障害をおこしたためと思われる。また、800ppm、1200ppm区においても低い値で推移しており、成長障害を受けている可能生が考えられる。

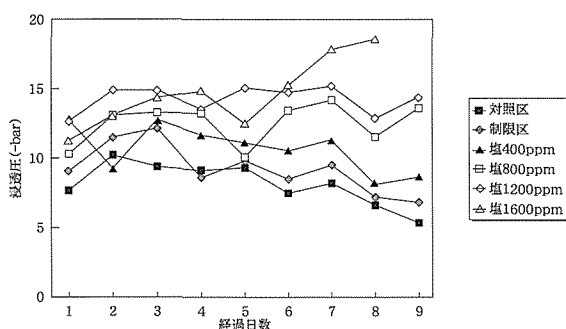
##### 4-3 膨圧

植物の細胞が大きくなるための原動力は、細胞の吸水により生じた膨圧である。

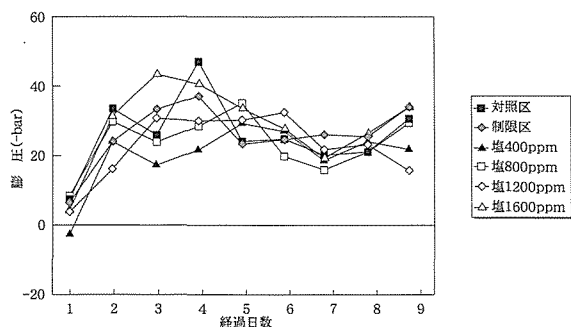
そこで膨圧を以下の関係により求めた

$$\psi_t = \psi_{osm} + P$$

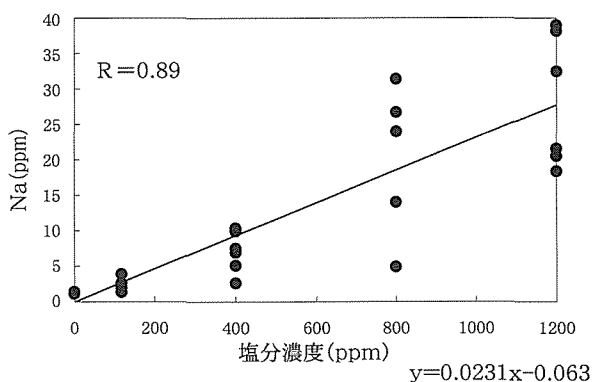
ここで、 $\psi_t$ は葉の水ポテンシャル。 $\psi_{osm}$ は細胞液の浸透ポテンシャル（浸透圧）。Pは膨圧である。



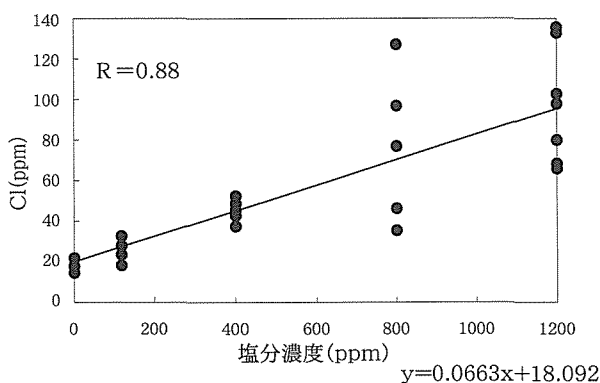
図一8 葉の浸透圧の変化



図一9 葉の膨圧の変化



図一10 果実中のNaとかんがい水の塩分濃度の関係



図一11 果実中のClとかんがい水の塩分濃度の関係

膨圧(図-9)は、測定開始時には400ppmのみ膨圧が測定されたが、他の区では測定されなかった。またその後の測定においても膨圧は測定されなかった。

本実験では、膨圧が負の値であることから葉の成長が停止した状態であるといえる。このことは、水分ストレス付与の時期が測定対象葉が展開終了以降であったためと思われる。

## 5) イオン濃度

### 5-1 Na及びClのイオン濃度

果実内のNa及びClのイオン濃度と塩分濃度の関係について示す(図-10, 11)。相関係数はそれぞれ0.89と0.88で、かんがい水中の塩分濃度と果実内のイオン濃度の間には相関関係がみられた。t検定の結果からも、Naでは800ppm区と1200ppm区を除いて有意差がみられた。Clでは、400ppm区と800ppm区、800ppm区と1200ppm区を除いては有意差がみられた。

従来の研究(Gomez et al, 1992; Mitchell et al, 1991)によると、塩水かんがいとNa含有有機肥料を与えることによって、土壌と果実内の塩分濃度が上昇することや、塩水により乾燥重、生体重のどちらに対してもNa量が増加したとされている。

### 5-2 他のイオン濃度

他のイオンとして、カチオンでは $\text{NH}_4$ 、K、Mg、Caをアニオンでは $\text{NO}_2$ 、Br、 $\text{NO}_3$ 、 $\text{PO}_4$ 、 $\text{SO}_4$ の量を測定した。この中から水分ストレスとの間に相関関係がみられたものは、相関係数が高いものから順に、Mg、K、 $\text{NH}_4$ 、 $\text{NO}_3$ 、Caであった。

特にMgとKは相関係数がそれぞれ、0.83と0.81で高く、NaとClについて高い相関関係がみられた。Mgについては、植物にとって必須の微量元素の1つであり、植物の体内に微量に存在するため、水分ストレスの影響による果実内水分の減少によって果汁が濃縮され、増加したと考えられる。

Kについては、果実内にKが蓄積されることはすでに知られている。本研究では、他のイオン量と比較すると10から20倍の量が検出された。従来の研究によれば(Mitchell et al, 1991)、Kは果実の浸透圧ポテンシャルの主たる原因であるといわれており、水分ストレスによってその量が増加したと思われる。

## 5. あとがき

本実験では次のような結果が得られた。

- (1) 塩水かんがい区の塩分濃度を、400ppm, 800ppm, 1200ppm, 1600ppmとしたが、1200ppm区ではかなり樹勢が低下し、1600ppmでは最終的に枯死した。
- (2) Brix 糖度については、塩分濃度が高いほど糖度の上昇がみられた。同一区内においても低段位に比べ高段位の糖度上昇が確認された。高糖度トマトの目安とされる糖度10度以上のものは、800ppm, 1200ppm区でみられた。
- (3) 塩分濃度が高いほど果実の小玉化が顕著に示された。また重量と糖度の間にも逆の相関関係がみられた。
- (4) 葉の水ポテンシャルは、対照区が最も高く、以下かんがい制限区、400ppm区、1200ppm区、800ppm区、1600ppm区の順に低くなった。浸透圧は、塩分濃度が高いほど低くなった。膨圧は水分ストレス付与の時期が測定対象葉の展開終了以降であったため塩分濃度による差はみられなかった。
- (5) 塩水かんがいにより果実内のNa、Clイオン濃度が上昇した。数種のイオンについてもイオン濃度と糖度の間に相関関係がみられた。

## 参 考 文 献

- 1) 荒木陽一(1994): 体内水分を指標とした施設トマト栽培における水管理に関する研究第5 報体内水分状態あるいは土壌水分状態に基づいてかん水された施設栽培トマトの生育, 園学雑, 63 (1), 91-97
- 2) 番 喜宏・山下文秋・林 悟朗(1994): 栽植密度及び水ストレスがトマトの果実糖度及び乾物生産に及ぼす影響, 愛知農総試研報, 26, 163-167
- 3) 福元康文・横山賢治・小嶋和雄(1992): 完熟トマトの収量と品質に及ぼすリン酸施肥と水ストレスの影響, 高知大農システム園芸実験施設研報, 9, 25-31
- 4) Gomez, I, J. Navarro-Pedreno, Mataix (1992): The Influence of Saline Irrigation and Organic Waste Fertilisation on Mineral Content (N, P, K, Na, Ca and Mg) of Tomatoes, J Sci Food Agric, 59, 483-487
- 6) 石上 清(1993): 根域を制限した循環式養液栽培装置による高糖度トマトの生産, 関東東海農新技, 10 (1993), 311-316
- 7) 石上 清・堀内正美・中島輝子・松浦英之(1993): 根域を制限した養液栽培による高糖度, トマトの生産, 農技研, 47 (11), 38-40
- 8) 伊藤裕朗・河合伸二(1994): トマト及びミニトマトの土壌水分管理と果実品質, 愛知農総試研報, 26, 191-199
- 9) 鴨田福也(1993): 畑作物の光合成・蒸散及び生長と土壌水分, 熱帯農研集報, 64, 19-29
- 10) 木村 栄(1993): 隔離床利用による高糖度トマトの栽培



- 法, 栃木農試研成果集, 12, 45-46
- 11) 小林尚司(1993): トマトの1段どり養液栽培における果実糖度向上技術, 今月の農業・農薬・資材・技術, 37 (5), 52-56
- 13) 松崎朝浩・牛田 均・白井英清 (1994): 遮根シートを利用したトマト栽培における灌水管理が糖度に及ぼす影響, Bull. Kagawa Agric. Exp. Stn, No45, 43-48
- 14) Mitchell. J. P, S. R. Grattan, C. Shennan, M. D. May (1991): Tomato Fruit Yields and Quality under Water Deficit and Salinity: J Am Soc Hortic, 116 (2), 215-221
- 15) Mizrahi. Y, Pasternak. D (1985): Effect of Salinity on Quality of Various Agricultural Crops, Plant Soil, 89 (1/3), 301-307
- 16) Mizrahi. Y, E. Taleisnik, V. Kagan-Zur (1991): A Saline Irrigation Regime for Improving Tomato Fruit Quality Without Reducing Yield, J. AMER. SOC. HORT. SCI, 113 (2), 202-205
- 18) 元木 悟・矢ノ口幸夫・岡本 潔・伊藤喜三男 (1994): トマトの遮根シート栽培におけるかん水量と施肥量が収量・果実品質に及ぼす影響, 長野中信農試報, 12, 31-45
- 19) 村松安男 (1992): 高品質・高糖度のトマトづくり, 農山漁村文化協会, 52-71
- 20) Nukaya A, Masui M, Isida A (1997): Salt Tolerance of Tomatoes, 園芸学会雑誌, 48 (1), 73-81
- 21) 糠谷 明(1992): 野菜の養液栽培における培養液管理 第10回 高品質のための培養液管理, 農耕と園芸, 47 (10), 86-89
- 23) 大石直記(1994): 高糖度トマト生産のための品種特性について, 農業技術研究, 48 (6), 46-47
- 24) 大石直記(1995): 養液栽培による高糖度トマトの低段密植周年生産開発季節別環境管理法の確立 茎径給液制御による葉の水分状態の変化, 静岡農試研究成果概要, 37, 54-54
- 25) 大石直記(1995): 養液栽培による高糖度トマトの低段密植周年生産開発 季節別環境管理法の確立 冬期栽培における果実肥大特性, 静岡農試研究成果概要, 37, 52-52
- 26) 大石直記(1995): 養液栽培による高糖度トマトの低段密植周年生産開発 季節別環境管理法の確立 給液量の吸水特性・茎径変化に及ぼす影響, 静岡農試研究成果概要, 37, 51-51
- 27) 大石直記(1995): 養液栽培による高糖度トマトの低段密植周年生産開発 栽培方式の確立 完熟系を中心とした適品種の選定, 静岡農試研究成果概要, 37, 50-50
- 28) 大石直記(1995): 養液栽培による高糖度トマトの低段密植周年生産開発 栽培方式の確立一果実肥大性に着目した適品種の選定, 静岡農試研究成果概要, 37, 49-49
- 29) 大石直記(1995): 高糖度トマト栽培における果実肥大及び糖度上昇過程について (上), 農技研, 49 (2), 46-47
- 30) 大石直記(1996): 養液栽培による高糖度トマトの低段密植周年栽培システム (2) 栽培法の特徴 (2), 農業技術研究, 50 (2), 47-49
- 31) 大竹良知・田中喜久・番 喜宏・林 悟朗 (1994): かん水制限栽培がトマト果実の内容成分に及ぼす影響, 愛知農試研報, 26, 209-212
- 32) 白石眞一・竹内芳親 (1995): 乾燥条件下において塩ストレスがトマトの生育・果実品質及び収量に及ぼす影響, 乾燥地研センター共同研講演要旨, 7, 26-27
- 33) 田島幹也(1995): そ菜園芸試験 高付加価値型栽培技術の確立養液埼玉型方式 (立体バッグ) による高糖度トマト生産技術, 埼玉園試そ菜園試成績書, 19-22
- 34) Torrecillas. A, J. J. Alarcon, Z. M. C. RuizSanche (1995): Water Relations of Two Tomato Species under Water Stress and Recovery, Plant Sci, 105 (2), 169-176
- 35) 上野秀人・山室成一 (1993): 輪換畑における根域制限栽培が土壌窒素の動態とトマト果実の糖度に及ぼす影響, 近畿中国農研成果報, 1993, 199-200
- 36) 宇田川雄二 (1993): 毛管水耕によるトマトの高糖度栽培, 関東東海農新技, 9 (1992), 200-207
- 37) 馬西清徳・上田英臣・福元康文・吉田徹志 (1994): かん水量の違いがトマト作物体及び果実に及ぼす影響, 高知大学術研報, 43, 33-40
- 38) 米山忠克・建部雅子 (1994): 作物の糖蓄積と水及び塩ストレスの影響の生理, 農業及び園芸, 69 (4), 3-7